中国能源与重要矿产资源需求展望*

王安建[1] 高芯蕊[2]
1 中国地质科学院全球矿产资源战略研究中心 北京 100037
2 中国地质博物馆 北京 100034

摘要 在总结70年来我国能源与重要矿产资源消费历史的基础上，阐述了能源和重要矿产资源消费支撑经济社会发展机理和增长的极限理论，强调人均能源和矿产资源消费量是一个国家经济发展水平的标识。展望未来15年我国能源和重要矿产资源需求：重要大宗矿产资源消费将在2025年前陆续到达峰值；一次能源消费将在2030年前后到达拐点，战略性关键矿产资源消费将迎来快速增长期；2035年前，中国作为全球能源和重要矿产资源第一消费大国、生产大国和贸易大国的地位和态势将难以改变，需积极应对各种可能的挑战。

关键词 能源资源，矿产资源，消费历史，增长极限，需求展望

DOI 10.16418/j.issn.1000-3045.20200107001

人类文明史是人类开发和利用矿产资源的历史。目前，人类可以利用的矿产种类中所包含的化学元素已超过86种。从农业社会到工业社会再到后工业化社会，为追求美好的幸福生活，人类正在以前所未有的速度消费着地球上的能源和矿产资源。自1900年以来，人类已经累计消费了1 972亿吨石油、134万亿立方米天然气、3 793亿吨煤炭、590亿吨粗钢、超过8亿吨的铜和14亿吨的铝[1,2]。近70年来，中国累计消费了109亿吨的石油、2.56万亿立方米天然气、837亿吨煤炭、139亿吨粗钢、1.5亿吨精炼铜和3.4亿吨原铝[3,4]。大量矿产资源的消费正促使国家发展日新月异，人民生活水平持续提高。未来，中国维持经济发展还需要多少能源和矿产资源是人们关注的重要课题。

研究表明：随着经济的发展，人类所需能源和矿产资源不会无限增长[5-7]。伴随着工业化进程中基础设施不断完善、城市化水平持续提升和社会财富快速积累，重要大宗矿产资源及其制品消费将会进入一个相对准饱和的状态：供需关系发生改变、产业结构开始调整，以高能耗、物耗为特征的传统工业将逐渐让位于低能耗、物耗的高端制造业，而后者成为后工业化经济发展的主要产业形态；重要大宗矿产资源消费增速将放缓，出现零增长甚至负增长。与此同时，伴随着高端制造业快速发展，矿产资源消费的种类会急剧

* 根据王安建2019年9月21日在“中国国情与发展”论坛上的发言整理而成
资助项目：中国科学院学部咨询评议项目（2019-ZW04-A-007）
修改稿收到日期：2020年2月28日

增加，“三稀”（稀有、稀散、稀土）等战略性关键矿产将被广泛应用于战略性新兴产业，产生新的巨大需求。

目前，中国正处于工业化后期。伴随着我国基础设施建设水平不断提升、城市化率持续提高、百姓住房持续改善和社会财富快速积累，我国重要大宗矿产资源消费增速已经开始放缓，战略性新兴产业的蓬勃发展对战略性关键矿产正在形成巨大需求。在此背景下，讨论中国未来能源与矿产资源需求问题具有重要意义。

1 中国能源与矿产资源消费概况

1.1 能源和重要矿产资源为建成小康社会提供了有力的物质支撑

我国能源与重要矿产资源消费主要分为两个阶段。

第一阶段：1949—2000 年，称之为解决温饱阶段。该阶段我国人均国内生产总值（GDP）从 500—600 美元增长到 2 500—3 000 美元（购买力平价）。为解决温饱问题，我国 50 多年累计消费煤炭 301 亿吨、石油 36 亿吨、天然气 0.5 万亿立方米、粗钢 23 亿吨、铜 2 093 万吨、原铝 3 270 万吨、铅 963 万吨和锌 1 566 万吨。

第二阶段：大致为 2001—2020 年，称之为建成小康社会阶段。2001—2018 年，不到 20 年的时间，我国累计消费煤炭 541 亿吨、石油 73.6 亿吨、天然气 2.13 万亿立方米、粗钢 116 亿吨、铜 1.28 亿吨、原铝 3.05 亿吨、铅 6 400 万吨和锌 8 150 万吨[2-4,8]。建设小康社会 18 年间的能源和重要矿产资源消费是解决温饱问题 51 年间的 2—8 倍！如果统计到 2020 年，数量会更大。我国矿产资源消费正在由全面快速增长向差异性增长转变。能源和重要矿产资源消费在经历了缓慢增长、快速增长之后，目前增速已趋于减缓（图 1）；然而，许多重要战略性关键矿产资源，如在航天装备、先进轨道交通、大型核电站、人工智能及新能源产业等需求量较大的“三稀”矿产消费仍在持续快速增长。大量矿产资源的消费正在使我国面貌日新月异，推动着百姓生活水平持续提高。

1.2 2018 年中国仍然是全球能源和重要矿产资源第一消费大国

人均能源和重要矿产资源消费水平的高低是衡量一个国家或地区经济发展水平的重要标识。由于我国庞大的人口基数和所处的工业化发展阶段，能源和矿产资源消费量在全球占有较大的比例。2018 年，全球统计的 40 种矿产资源中，我国有 30 种矿产消费量居世界第一位[9]。统计表明，我国能源和重要矿产消费量中占全球比例超过 50% 的矿种有 12 种，超过 40% 的有 23 种（图 2）。这些矿产资源中不乏煤炭、水泥灰岩、铁、锰、铜、铝、铅、锌和磷等大宗

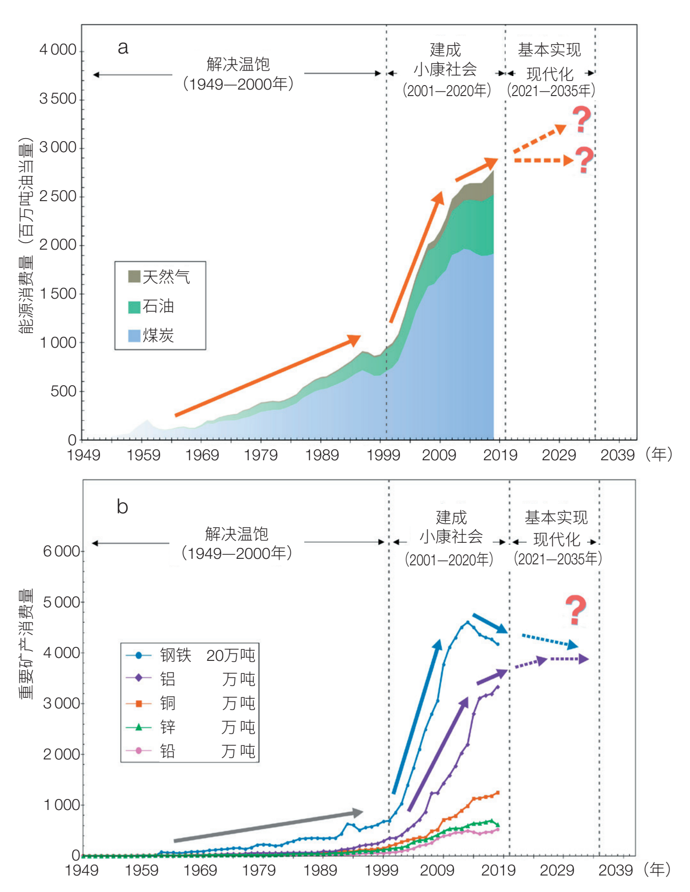


图 1　中国能源（a）和重要矿产（b）资源需求增长趋势

数据来源：历年世界金属统计年鉴[2]、中国能源统计年鉴[3]、中国统计年鉴[4]

矿产，战略性关键矿产稀土、钨、锡、锑、锂、钴、锗、镓等也尽在其中。与21世纪初比较，我国能源和重要矿资源产量和贸易量大幅提升，重要矿产资源产量超过全球30%以上的矿种有17种，贸易量超过全球30%的矿种有9种。中国是世界名副其实的矿产资源第一生产大国和第一贸易大国。

2 能源和重要矿产资源支撑经济发展原理

人均能源和矿产资源消费与人均GDP遵循“S”形规律。该规律揭示了从农业社会到工业社会，再到后工业社会，能源与矿产资源消费的演变趋势，以及能源和重要矿产资源消费与城市化率、基础设施完备程度、社会财富积累水平和经济结构变迁的内在联系[5,6,10-14]（图3），其变化趋势如下：

（1）农业社会（人均GDP低于2 500—3 000美元）。经济发展依赖刀耕火种，人们随着农作物耕种的地域集中居住，创造的GDP很少。由于缺少基本的基础设施，社会财富积累有限，经济发展缓慢，能源消费主要用于维持基本生活需要，少量矿产资源用于制造简单的劳动工具。因此，农业社会的能源和矿产资源消费处于低水平，并呈低缓的增长趋势。

（2）工业化社会（人均GDP 3 000—20 000美元）。经济增长由农业转向以制造业为主的工业。伴随着人均GDP的快速增长，能源和矿产资源消费整体呈增长趋势。这一时期又分为2个阶段。①能源和矿产资源消费快速增长阶段（人均GDP 3 000—12 000美元）。这一时期，经济增长方式和重点由农业转向工业。创造单位GDP的能耗持续增加，钢铁、水泥消费快速增长，第二产业比例持续增大；城市化率、基础设施建设、社会财富积累水平持续快速提升。②能源和矿产资源消费减速增长阶段（人均GDP 12 000—20 000美元）。伴随着基础设施建设、社会财富积累日趋完善，人民生活水平持续提高，以高新技术为特点的第三产业快速发展。创造单位GDP的能耗开始

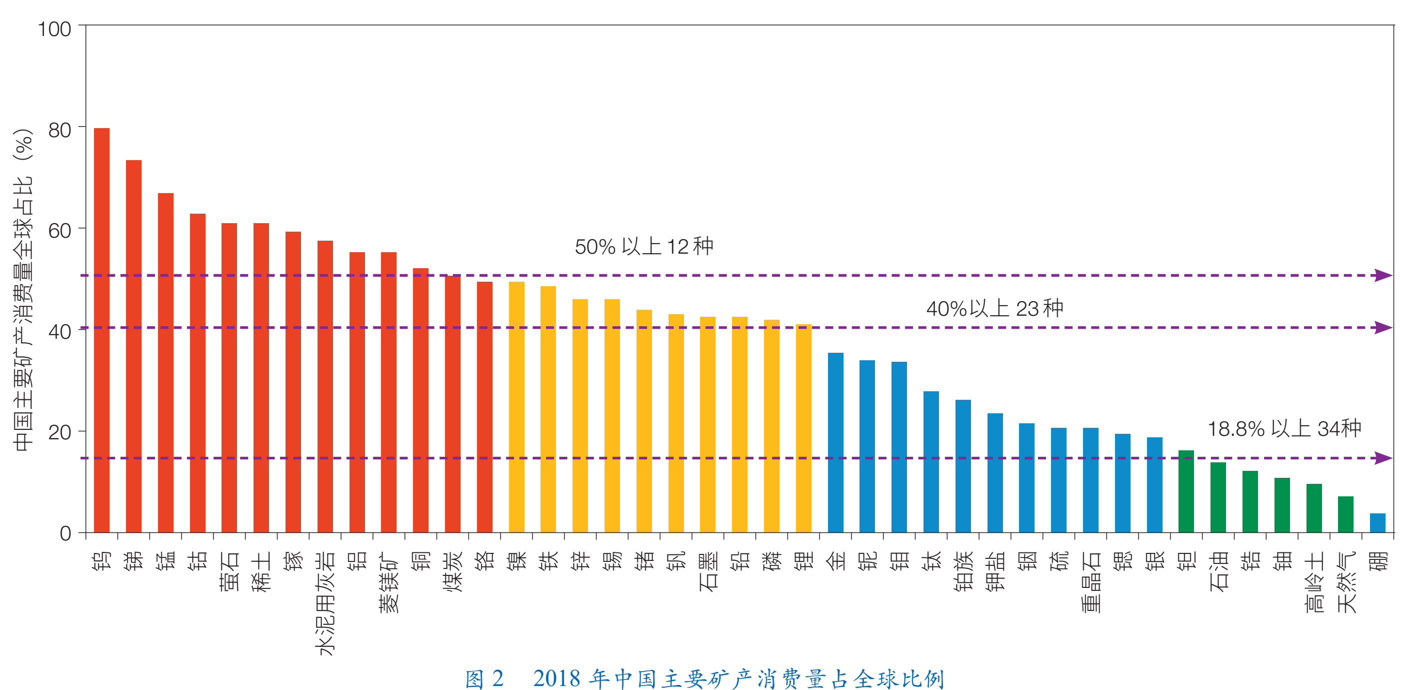


图2　2018年中国主要矿产消费量占全球比例

数据来源：美国地质调查局①、英国石油公司[1]、世界金属统计局[2]

① U.S. Geological Survey. Historical Statistics for Mineral and Material Commodities 1900-2019. [2020-02-27]. https://www.usgs.gov/centers/nmic/historical-statistics-mineral-and-material-commodities-united-states.

下降，粗钢和水泥消费进入零增长，人均铜、铅和锌等大宗矿产资源消费增速放缓并陆续开始进入零增长或负增长；第二产业比例越过顶点，产业结构发生重大转变。与此同时，城市化率、基础设施建设、社会财富积累水平增速放缓，社会发展开始向后工业化转变。

（3）后工业化社会（人均 GDP 超过 20 000—22 000 美元）。伴随着社会财富巨量积累和人民生活水准达到较高水平，以高新技术为特色的低能耗第三产业替代高能耗的工业成为 GDP 的主要贡献者。一次能源消费和交通部门终端能源消费到达零增长点，之后呈缓慢下降态势，电力消费增速放缓，基础设施基本完备；城市化率和社会财富积累步入较高水平，大

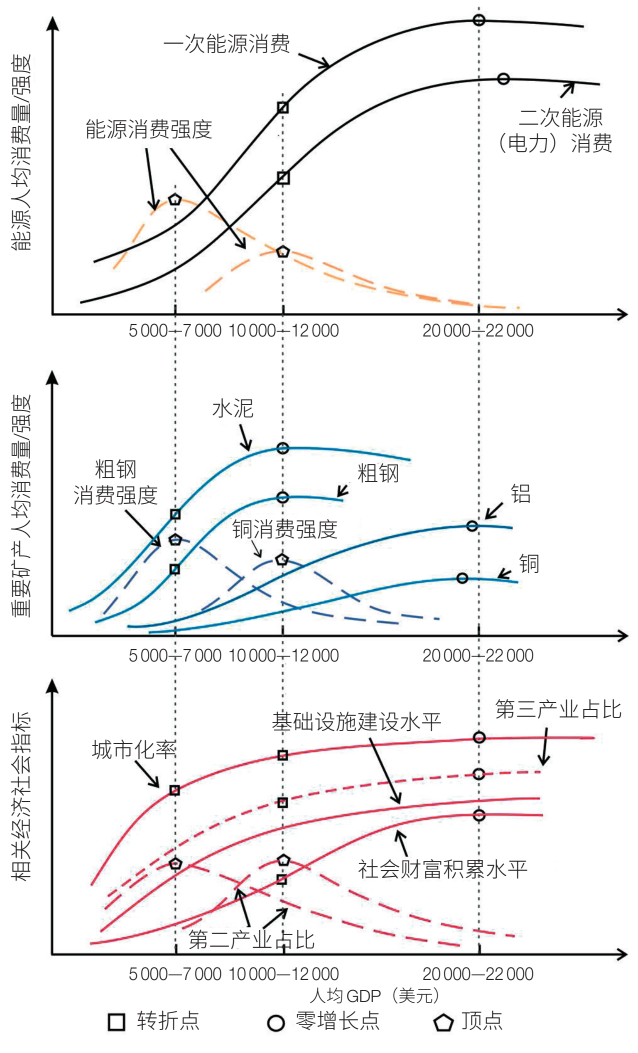


图 3　能源和重要矿产资源消费与经济社会发展的关系

宗矿产资源消费均处于零增长或负增长阶段。

3 2035年中国能源和重要矿产资源需求展望

2018 年中国人均 GDP 为 15 000 美元（购买力平价）。随着城市化率、产业结构变迁、社会财富积累水平和基础设施完备程度持续提升，中国一次能源、电力和大宗矿产资源消费增速将趋缓，粗钢消费量已经步入下行通道。根据“S”形规律，我国重要大宗矿产资源消费量将在 2025 年前后陆续达到峰值，一次能源消费在 2030 年前后到达拐点，战略性关键矿产消费的峰值点将在 2035 年之后出现。

3.1 能源需求将在 2030 年前后到达峰值

2018 年，我国一次能源、石油、天然气、煤炭消费量分别为 32.74 亿吨（油当量）、6.3 亿吨、2 830 亿立方米和 38.13 亿吨[9]。预测一次能源需求峰值将于 2030 年前后到来，届时年需求量 41—42 亿吨（油当量），峰值期人均能源需求仅为美国的 1/4—1/3。石油需求峰值将于 2030—2035 年前后到来，届时年需求量 7.0 亿吨，峰值期人均石油需求约为美国的 1/4，为发达经济体平均水平的 1/3—1/2。未来 15 年，我国天然气需求仍将保持持续增长。由于环境约束，设定煤炭需求峰值约在 2020 年前后到来，到 2035 年，我国人均煤炭需求相当于美国峰值期的 3/4 左右，比发达经济体平均水平高约 1.5 倍（图 4a）。

3.2 重要矿产资源需求将在 2025 年前后陆续到达拐点

2018 年，我国铁（粗钢）、锰、铬的消费量分别为 8.35 亿吨、1 205 万吨和 645 万吨[9]。其中，铁和锰的年需求量峰值已在 2015 年前后到达，越过了 9.2 亿吨和 1 180 万吨的峰值，目前消费平缓并开始缓慢下降；铬的需求峰值将在 2025 年之前到来，届时年需求量是 1 880 万吨（铬矿石）（图 4b）。

2018 年，我国铜、铝、铅、锌、镍、钼的消费量分别为 1 248 万吨、3 330 万吨、524 万吨、618 万

吨、107万吨、9.6万吨[9]。需求峰值将集中于2020—2025年到来，届时年需求量分别是1 533万吨、3 683万吨、610万吨、752万吨、135万吨、8.7万吨（图4c）。峰值期我国铝的人均需求约为发达经济体平均水平的2倍。我国铝需求较高的原因：大规模利用历史短；消费结构发生较大变化，推动需求走高。我国铅人均需求低于德国，高于日本、韩国，接近法国，相当于发达经济体平均水平；受环境制约和新能源电池替代，未来我国铅需求下降速度较快。

3.3 战略性关键矿产需求将持续增长

美国和欧盟很早就把战略性关键矿产资源供应安全提升为国家战略。2018年美国内政部公布了35种关键矿产清单，2019年美国商务部出台了《确保关键矿产安全可供应的联邦战略》。美国和欧盟定义的战略性关键矿产与中国的大部分重叠，竞争不可避免。

战略性关键矿产包括稀土、锂、锶、铍、锆、铌、钽、镓、锗和铟等，未来需求大多将保持持续增长（图4d）。2018年，我国稀土、锂消费量分别为10.4万吨和3.5万吨[9]，预测到2035年其需求将保持持续增长。稀土主要应用领域需求均呈增长态势。锂主要应用部门为新能源汽车领域，约占2/3；随着电动汽车产业不断发展，未来锂的需求将呈快速增长趋势。

4 保障能源与重要矿产资源供应安全的建议

尽管我国已经步入工业化后期发展阶段，但是矿产资源仍然是未来一段时间我国经济社会发展最重要的物质基础。面对庞大的资源需求和国际环境不确定因素的持续增加，确保我国能源和矿产资源供应安全，需要我们居安思危，未雨绸缪。

（1）统筹顶层设计。统筹国内外资源、环境、产业、市场、投资、贸易，包括运输通道安全和储备，构建涵盖全球的全产业链大数据信息系统，制定中国的全球矿产资源战略。

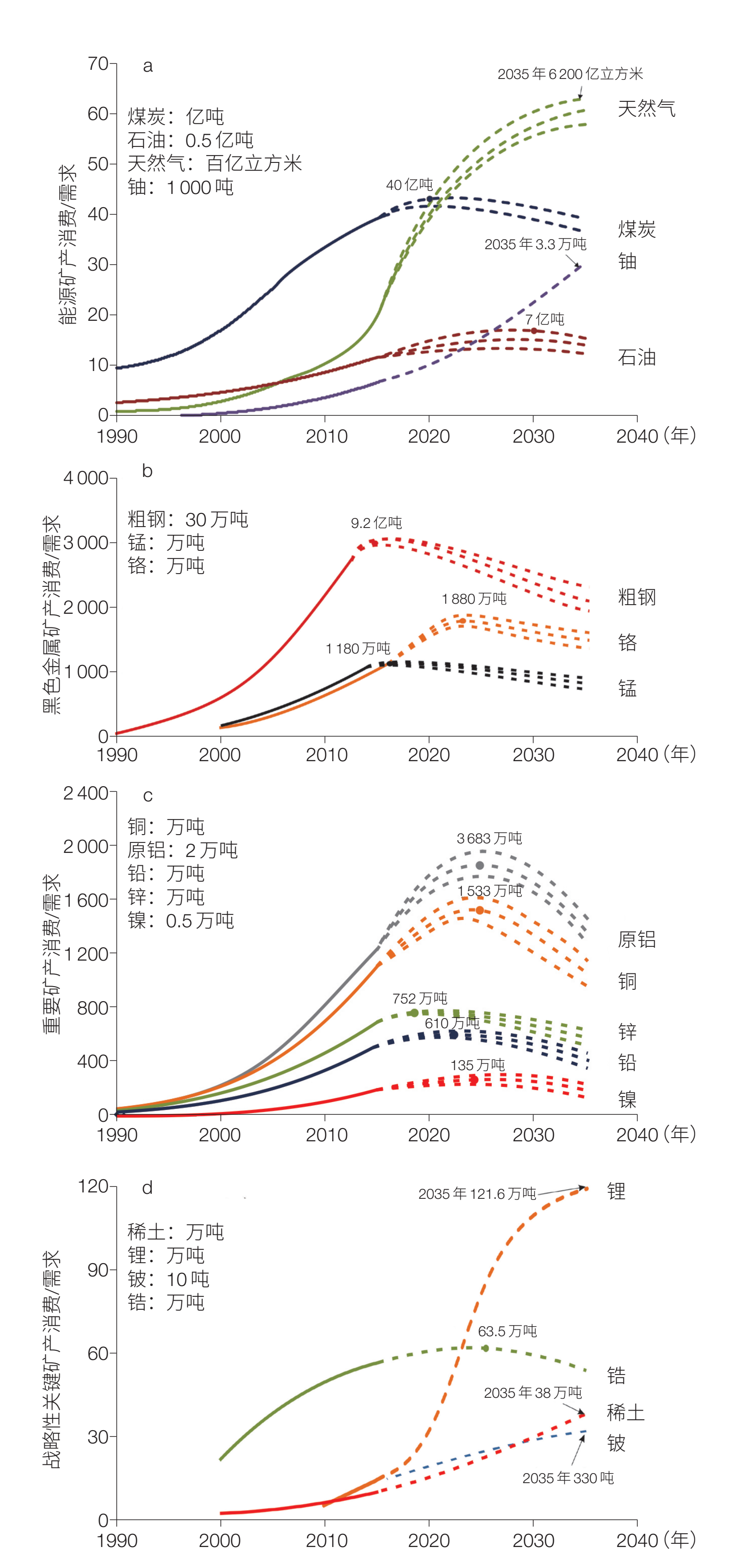


图4 中国能源（a）、黑色金属矿产（b）、重要矿产（c）和战略性关键矿产（d）资源消费历史及需求预测

（2）推动国家重大专项落地。加强战略性关键矿产资源找矿勘查、技术经济评价专项，开展探明战略性关键矿产资源概略性技术经济评价，找寻、发现并提供一批新的战略性关键矿产资源储备基地。推动重要战略性关键矿产铌、钪和铍等综合利用技术攻关，开展柿竹园铍等多金属选矿与综合利用科技攻关，继续推动白云鄂博铌、钪选矿和综合利用科技攻关。

（3）构建相关机制。如：矿产资源全产业链协同响应机制、中国企业“走出去”协调机制、中国矿产资源安全应急管理机制和政府各管理部门协调联动机制等。

（4）制定、调整、完善若干政策。如：矿产资源税费与矿业权流转政策、风险勘查资本市场的投融资政策、支持企业“走出去”金融和税收政策，以及国内找矿、勘查、开发和“走出去”的激励政策。

参考文献

1 BP. BP Statistical Review of World Energy (67 Ed). [2020-02-27]. https://www.bp.com/content/dam/bp/business-sites/en/global/corporate/pdfs/energy-economics/statistical-review/bp-stats-review-2018-full-report.pdf.

2 World Bureau of Metal Statistics. World Metal Statistics Yearbook 1984-2019. England: World Bureau of Metal Statistics, 1984-2019.

3 国家统计局能源司. 中国能源统计年鉴-1999—2018. 北京: 中国统计出版社, 2000-2019.

4 国家统计局. 中国统计年鉴-1999—2019. 北京: 中国统计出版社, 1999-2019.

5 王安建, 王高尚. 矿产资源与国家经济发展. 北京: 地震出版社, 2002.

6 王安建, 王高尚. 能源与国家经济发展. 北京: 地质出版社, 2008.

7 王安建, 王高尚, 周凤英. 能源和矿产资源消费增长的极限与周期. 地球学报, 2017, 38(1): 1-8.

8 王安建, 王高尚, 邓祥征, 等. 新时代中国战略性关键矿产资源安全与管理. 中国科学基金, 2019, (2): 133-140.

9 柳群义, 刘固望, 刘冲昊. 2018年全球矿产资源形势回顾//王安建, 王高尚, 主编. 全球矿产资源战略研究工作报告. 北京: 中国地质科学院全球矿产资源战略研究中心, 2019.

10 王安建, 王高尚. 矿产资源需求理论与模型预测. 地球学报, 2010, 31(2): 137-147.

11 Wang A J, Wang G S, Chen Q S, et al. S-curve model of relationship between energy consumption and economic development. Natural Resources Research, 2015, 24: 53-64.

12 Gao X R, Wang A J, Liu G W, et al. Expanded S-curve model of a relationship between crude steel consumption and economic development: Empiricism from case studies of developed economies. Natural Resources Research, 2019, 28: 547-562.

13 Dohrn R, Kratschell K. Long-term trends in steel consumption. SSRN Electronic Journal, 2013, 27(415): 43-49.

14 Ghosh S. Steel consumption and economic growth: Evidence from India. Resources Policy, 2006, 31(1): 7-11.

China's Energy and Important Mineral Resources Demand Perspective

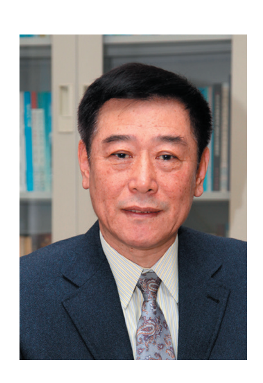
WANG Anjian[1] GAO Xinrui[2]

(1 Research Center for Strategy of Global Mineral Resources, Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing 100037, China;

2 The Geological Museum of China, Beijing 100034, China)

Abstract This paper summarizes the history of energy and important mineral resources consumption in China in the past 70 years, expounds the mechanism of energy and important mineral resources consumption supporting economic and social development and the theory of "limit of growth", and forecasts China's demand for energy and important mineral resources in the next 15 years. In this paper, it is points out that the consumption of mineral resources will reach the peak around 2025, and that primary energy consumption will reach turning point around 2030, the consumption of critical mineral resources will enter a period of rapid growth. Before 2035, China's status and situation as the world's largest consumer, producer, and trade country of energy and important mineral resources will not be able to change, and it is necessary to actively respond to various possible challenges.

Keywords energy resources, mineral resource, consumption history, limits to growth, demand outlook



王安建 中国地质调查局/中国地质科学院全球矿产资源战略研究中心首席科学家、教授、博士生导师。中国环境协会常务理事，国际地科联为后代寻找资源计划（RFG）新行动战略执行委员会委员。长期从事早前寒武纪地质学、经济地质学（矿床学）、区域成矿学、资源经济学方面的研究与教学工作。先后主持和负责国家"973"计划、科学技术部科技攻关及科技支撑计划课题，以及国家基础性工作、国土资源大调查、中国工程院、财政部、国家发展和改革委员会、全国人大等研究项目30余项；主持中国矿产资源国情调查工程和我国新一轮矿产资源保障程度论证专项。出版专著4部，在国内外学术刊物发表论文200余篇，主持出版系列和专题战略研究报告120余部。E-mail: ajwang@cags.ac.cn

WANG Anjian Professor, Doctoral Supervisor, Chief Scientist of Global Mineral Resources Strategy Research Center of China Geological Survey cum. Chinese Academy of Geological Sciences, Executive Director of China Environmental Association, and member of the New Action Strategy Implementation Committee (NASIC) of the International Geosciences Association's Resourcing Future Generation (RFG). He has long been engaged in research and teaching in early Cambrian geology, economic geology (mineral science), regional metallurgy, and resource economics. He has presided over and was responsible for more than 30 projects including the National 973 Program, the Science and Technology Support Program of the Ministry of Science and Technology, major survey of land and resources, program of Chinese Academy of Engineering, program of the Ministry of Finance, program of the National Development and Reform Commission, and program of the National People's Congress. He hosted China's national survey of mineral resources and China's new round of demonstrative projects for the guarantee of mineral resources. He has published four monographs, published more than 200 papers in academic journals at home and abroad, and hosted more than 120 series and special strategic research reports. E-mail: ajwang@cags.ac.cn

■责任编辑：岳凌生